

Vzroki za prisotnost zraka v hidravličnem sistemu

Darko LOVREC

Izvleček: Vzroki za številne nevednosti in nepravilnosti v delovanju hidravlične naprave ali pa za krajšo uporabno dobo mineralnega hidravličnega olja od pričakovane so v tesni povezavi s prisotnostjo zraka. Zrak se lahko v napravi pojavi zaradi najrazličnejših vzrokov in v različnih oblikah. Lahko je očem viden, saj se pojavlja v obliki pen ali elementarnih zračnih mehurčkov, lahko pa je »neviden«, saj je raztopljen v tekočini. V tem primeru ga v elementarni obliki opazimo šele kasneje, ko se spremenijo obratovalne (tlačne) razmere. Te pa so v ozki povezavi z zasnovo samega hidravličnega sistema in posameznih gradnikov. Na pojav zraka v hidravličnem sistemu pa vplivajo tudi uporabljano olje oz. vrsta hidravlične tekočine in njene fizikalno-kemične lastnosti.

V prispevku se bomo posvetili različnim oblikam zraka v hidravličnem sistemu, vzrokom za njihov nastanek in razumevanju mehanizmov njihovega nastanka. Posredno pa bomo na ta način tudi odgovorili na vprašanje, kako se pojavu zraka v hidravličnem sistemu izogniti. Zaradi številnih posledic prisotnosti zraka v hidravličnem sistemu tega povsem upravičeno uvrščamo med kontaminante.

Ključne besede: hidravlični sistem, zrak, kontaminant, aeracija, penjenje

■ 1 Zrak – pogost krivec za nevednosti

Zrak je lahko v hidravličnem sistemu v različnih oblikah: kot pene, ki se pojavljajo na površini olja v rezervoarju, kot zračni mehurčki različnih velikosti v samem olju v rezervoarju in posameznih gradnikih in kot raztopljen zrak. Prva dva pojavi oz. obliki prisotnosti zraka sta očem vidni, raztopljeni zrak pa ne.

Tako moramo že v osnovi razlikovati med pojavom pen na gladini tekočine v rezervoarju in zračnih mehurčkov v sami tekočini. Pene na gladini pravzaprav niso nevarne, saj v določenem času same izginejo, po daljšem času povsem (če preneha vzrok njihovega nastajanja), in jih črpalka ne poseja, nasprotno pa so zračni mehurčki zelo nevarni in običajno povzročajo številne nevednosti. Da se ob prisotnosti zra-

ka v napravi poveča stisljivost medija, kar posledično vpliva na samo delovanje hidravlične naprave (natančnost gibanja aktuatorjev, pojav nihanj, potreba po spremenjeni nastavitvi parametrov regulatorja ...), da je zmanjšana nosilnost oljnega filma, da ima zrak neugoden vpliv na staranje olja in prihaja do predčasne oksidacije olja ali pa celo do njegovega zažiganja, uničenja tesnil in posledično puščanja, da se pojavlja kavitacija na črpalki in drugih elementih ... tu ne bomo posebej izpostavljali. Podrobneje se bomo posvetili vzrokom nastanka pen in pojavu zračnih mehurčkov.

■ 2 Pojav pen in nagnjenost olja k penjenju

Pene, ki so se pojavile na gladini tekočine v rezervoarju, in zračne mehurčke v sami tekočini prikazuje *slika 1*. Iz izkušenj je znano, da pojav penjenja tekočine lahko povzroči:

- heterogena oz. neenotna sestava mešanice mineralnih olj. Znano je, da so močno heterogene mešanice bolj nagnjene k penjenju

kot pa tekočine z enotnejšo sestavo;

- prevelika površinska napetost tekočine. Da je oteženo pojavljanje pen na površini tekočine in da te hitro izginejo, površinska napetost ne sme biti prevelika;
- izbrana neprimerna viskoznost olja za določeno hidravlično napravo. Olja nižje viskoznosti so manj nagnjena k penjenju;
- izločen zrak pri podtlaku (npr. v sesalnem vodu);
- prevelika hitrost toka v obtočnih hladilno-filtrirnih sistemih,
- vdor zraka skozi netesne priključke na obtočnih sistemih,
- pomanjkljivo ali nepravilno delovanje hidravlične naprave in
- napake pri snovanju in dimenzioniranju posameznih gradnikov naprave.

Pri pravilno konstruirani in brezhibno delujoči hidravlični napravi je penjenje hidravličnega olja komajda možno. Ob morebitnem nastanku pen naj bi te na površini hitro izginele, kajti črpalka zraka, ki je v penah, v nobenem primeru ne sme posesati (ob normalnih pogojih ga tudi de-

Izr. prof. dr. Darko Lovrec, univ. dipl. inž., Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

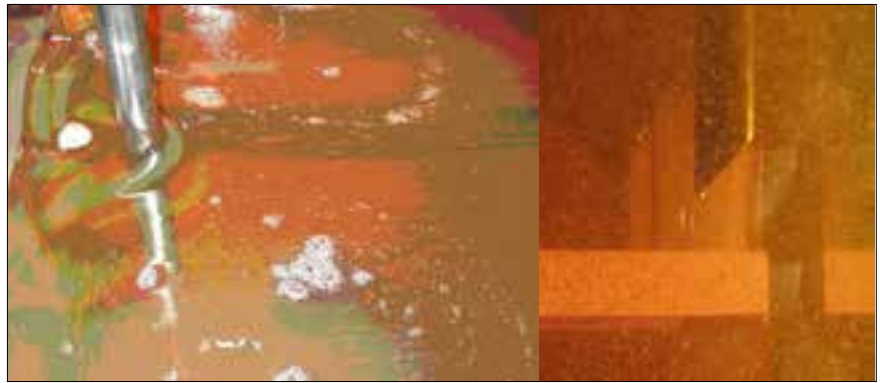
jansko ne more). Če je olje zrak že absorbiralo, je obstojnost pen tem večja:

- čim višja je viskoznost olja (pri nižji viskoznosti je stanje ugodnejše),
- čim nižji je tlak v napravi,
- čim večja je razlika površinskih napetosti tekočine in okoliškega zraka.

Z dodatki lahko nagnjenost olja k penjenju v manjši meri sicer zmanjšamo. Tovrstni dodatki so običajno potrebni še posebej takrat, kadar bazno mineralno olje že po naravi ni dovolj odporno na penjenje. Tu pa je še vpliv drugih dodatkov, kot npr. detergentov, ki pa nagnjenost olja k penjenju povečajo. Ta problem oz. takšno doaditiviranje poteka skupaj s proizvajalcem olja oz. to že sam prej opravi (ob analizi baznega olja).

■ 2.1 Testiranje na nagnjenost tekočine k penjenju

Standardizirano metodo za določanje karakteristike penjenja olja predpisuje standard ASTM D 892. Postopek meritve poteka v treh zaporednih sekvencah (I, II in III). Pri prvi sekvenci se vzorec olja (190 ml) testira v merilnem valju (1000 ml), ki je potopljen v temperirno kopel, na-



Slika 1. Pene na površini tekočine (levo) in zračni mehurčki v tekočini (desno)

stavljeno na 24 °C. S pomočjo črpalke se skozi standardizirani difuzor v vzorec vpahuje predpisana količina zraka. Po petih minutah vpihovanja se črpalka izklopi in odčita volumen pen nad oljem. Vzorec se nato pusti mirovati še 10 minut, nakar se zopet odčita volumen pen nad oljem. Rezultat se poda v obliki dveh števil, in sicer volumna pen nad oljem (v ml) takoj po izklopu črpalke ter po 10-ih minutah mirovanja vzorca, npr. 20/0.

Postopek v drugi sekvenci je podoben prvi, le da se meritev opravi pri temperaturi 93,5 °C. Sekvenca II tako predstavlja nagnjenost olja k penjenju pri visokih temperaturah.

Postopek v tretji sekvenci je dejansko enak tistemu v prvi, le da se

pri meritvi uporabi vzorec iz druge sekvence, ki mu z mešanjem razbijemo pene in ga ohladimo na temperaturo 24 °C, pri kateri se opravlja meritev. Rezultat sekvence III je običajno drugačen od rezultata sekvence I, saj imajo nekatera mazalna olja z modernimi aditivi drugačno karakteristiko penjenja, ko so zmešana (ko je protipenilec pravilno razpršen v majhne delce), ampak tega rezultata ne morejo ponoviti po nekajtedenskem mirovanju (npr. v skladišču).

Primer opreme za izvajanje testa penjenja je prikazan na *sliki 2*.

■ 3 Vdor zračnih mehurčkov v napravo – aeracija

Vdor zračnih mehurčkov v hidravlično napravo na različnih mestih in zaradi različnih vzrokov bi lahko poimenovali »navzemanje z zrakom«. V strokovnih krogih običajno uporabljamo za opis pojava, ko zrak na različne načine vstopa v hidravlično tekočino bodisi zaradi netesnosti priključkov ali npr. zaradi padanja tekočine na gladino olja v rezervoarju, ko se le-ta vrača, kar izraz aeracija sistema. Ne glede na vzrok pojava je posledica aeracije prisotnost zraka v tekočini v obliki nezaželenih zračnih mehurčkov. *Slika 3* kot primer prikazuje vdor zraka v hidravlični sistem skozi netesen cevni priključek.

Nekaj vzrokov za pojav aeracije je navedenih v *tabeli 1*. Prav tako je navedeno, kako jih je možno preprečiti.



Slika 2. Aparatura za izvajanje testa penjenja, proizvajalec Petrotest

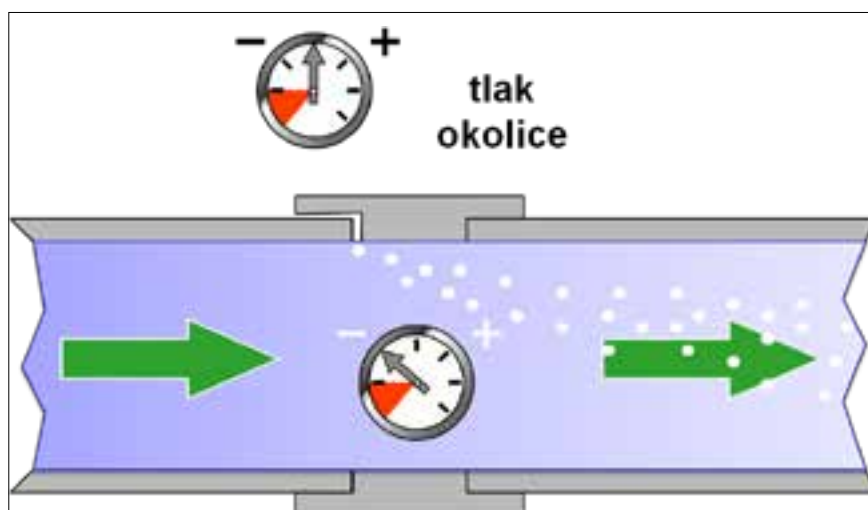
Tabela 1. Pogosti vzroki aeracije in njihovo preprečevanje

VZROK	PREPREČEVANJE
Zrahljani priključki na sesalni strani	Vijake in matice na sesalnih prirobnicah in opremi je treba zategniti s predpisanim zateznim momentom.
Dotrajani sesalni vodi – gibke sesalne cevi s starostjo postanejo porozne.	Zamenjava starih sesalnih vodov
Nizek nivo olja. Ta lahko povzroči pojav vrтинca v rezervoarju in posledično vstop zraka.	Vzdrževanje nivoja olja v rezervoarju na predpisani višini. Namestitev alarma za nizek nivo in/ali zaustavitveno napravo.
Napačno (ali obrabljeno) tesnilo na osi črpalke. V nekaterih sistemih lahko zrak vstopi v črpalko skozi tesnilo gredi.	Vzdrževanje tesnila gredi v dobrem stanju. Zamenjava puščajočih ali sumljivih tesnil.
Turbulenca, ki jo povzroča olje pri vračanju v rezervoar.	Namestitev povratnih cevi in difuzorjev na povratni vod. Ustrezna dolžina povratnega voda.
Neprimerna vgradnja komponent in cevi pred zagonom.	Komponente pred zagonom zalijemo in odzračimo, kolikor je mogoče, pred prvim zagonom in med njim.

4 Izločanje zračnih mehurčkov iz raztopljenega zraka

Vse (hidravlične) tekočine raztapljajo določene količine plinov – v primeru hidravličnih tekočin je to običajno zrak. Tako lahko npr. mineralno hidravlično olje pri atmosferskem tlaku raztopi oz. sprejme približno 9 vol. % zraka (stanje zasičenosti) in ga, dokler ga ima dovolj na razpolago, do stanja zasičenosti topi. To pomeni, da vsebuje 1 liter mineralnega olja pri atmosferskem tlaku (v rezervoarju) cca 90 cm³ zraka, pri 100 bar pa že 9 litrov.

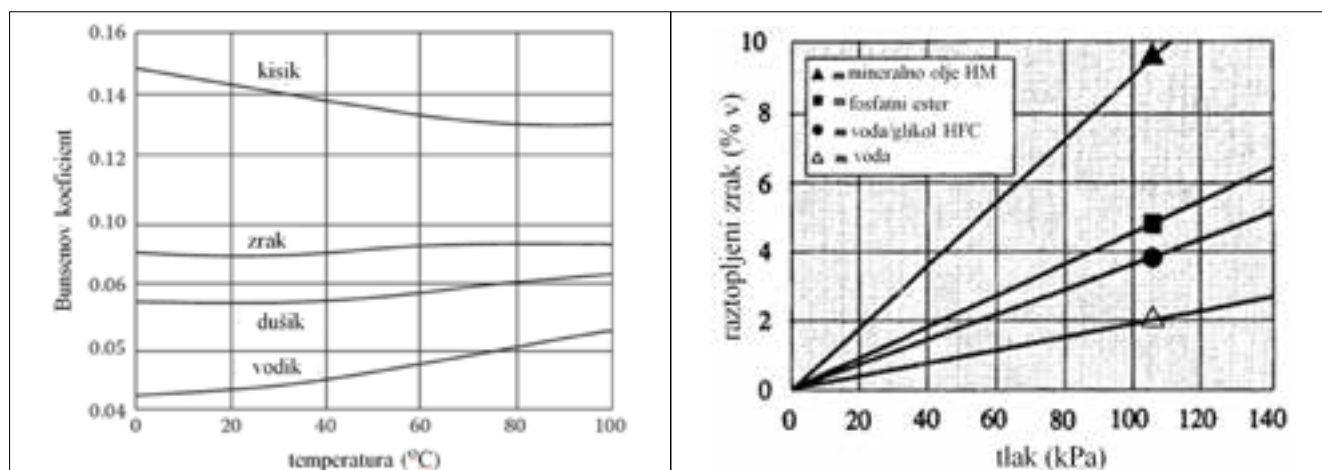
Sposobnost topljenja oz. sprejemanja zraka je do 300 bar proporcionalna vrednosti tlaka. Takšen



Slika 3. Primer vdora zraka v cevovod skozi netesen priključek

način navzemanja z zrakom – z raztapljanjem v olju – je stalen, saj je olje v rezervoarju z gladino vedno povezano z okoliškim zrakom.

Iz tega izhaja, da večja, kot je stična površina olja z zrakom, hitreje in v večji količini ga bo olje raztapljalo (vse do zasičenosti).



Slika 4. Odvisnost Bunsenovega koeficienta različnih plinov od temperature (levo [4]) in % raztopljenega zraka različnih hidravličnih tekočin v odvisnosti od tlaka (desno)

Količino raztopljenega zraka je možno določiti s Henry-Daltonovim zakonom:

$$V_{zrak} = V_{olja} \cdot \alpha_v \cdot \frac{p}{p_0} \quad [\text{m}^3] \quad (1)$$

pri čemer predstavlja:

V_{zrak} volumnen raztopljenega zraka [m^3]

V_{olja} volumnen tekočine [m^3]

p absolutni tlak [N/m^2]

p_0 atmosferski tlak [N/m^2]

α_v Bunsenov koeficient [–]

Bunsenov koeficient podaja, koliko volumnskih odstotkov plina se bo raztopilo v volumnski enoti tekočine ob normalnih pogojih (1013 mbar, 20 °C). Vrednost koeficienta je treba določiti za vsako vrsto plina ali mešanico plinov posebej. Za mineralna olja se lahko za Bunsenov koeficient uporabi vrednost 0,09; vrednost koeficienta je skorajda neodvisna od temperature in od tlaka – *slika 4*.

Običajno v olju raztopljen zrak nima vpliva na lastnosti hidravlične tekočine in na delovanje naprave. Ob določenih pogojih, npr. pri zniževanju tlaka, pa se lahko ta zrak izloči iz tekočine – tvorijo se zračni mehurčki. Pojav je splošno znan pod imenom kavitacija (beseda kavitacija dejansko pomeni tvorjenje votlih prostorov). Podtlak lahko nastane pri konstantnih ali spremenljivih geometrijskih volumnih tako v odprtih kot zaprtih sistemih. Tako lahko nastane podtlak, npr. ob zaustavitvi hidravličnega sistema, če del volumna tekočine ostane zaprt v cevovodu, pri čemer se podtlak pojavi zaradi toplotne kontrakcije, ali pa npr. pri črpalkah, hidromotorjih ali valjih, če v komponento ne doteka dovolj tekočine.

■ 5 Vzroki pojava pen in zračnih mehurčkov v napravi

Vzroki pojava pen, vdiranja zraka v hidravlični sistem ali izločanja raztopljenega zraka iz hidravličnega olja so dokaj kompleksni in medsebojno povezani, saj so lahko različni in tesno povezani s samo zasnovo naprave, uporabljenim medijem in

obratovalnimi parametri naprave.

Če se zrak v obliki pen pojavlja pri svežem, čistem mineralnem olju, je pojav pen treba iskati v sami hidravlični napravi. Vzroki so lahko različni in so povezani z zasnovo hidravlične naprave. Omenimo na kratko samo nekatere:

- premajhen rezervoar ali premajhna polnilna odprtina rezervoarja, ki povzroča vrtnčenje olja in s tem absorpcijo zraka;
- črpalka sesa zrak skozi netesno mesto na črpalki ali na sesalnem vodu;
- povratni vod ni speljan pod površino tekočine. Tako tekočina, ki se vrača, pada na gladino olja in zajema zrak, ki na ta način prispe v olje in povzroči nastanek pen oz. mehurčkov, ki jih kasneje posesa črpalka;
- preslabo odzračevanje na novo napolnjene naprave. Tako ostanejo v cevovodu zračne blazine, ki pod tlakom preidejo v raztopino in se ob razbremenitvi pokažejo v obliki pen;
- topnost plinov v mineralnem olju, če ima hidravlična naprava vgrajen hidravlični akumulator.

Omenjeno povezanost prisotnosti zraka z gradniki in samo izvedbo hidravličnega sistema bomo na nekaj primerih na kratko pojasnili v nadaljevanju.

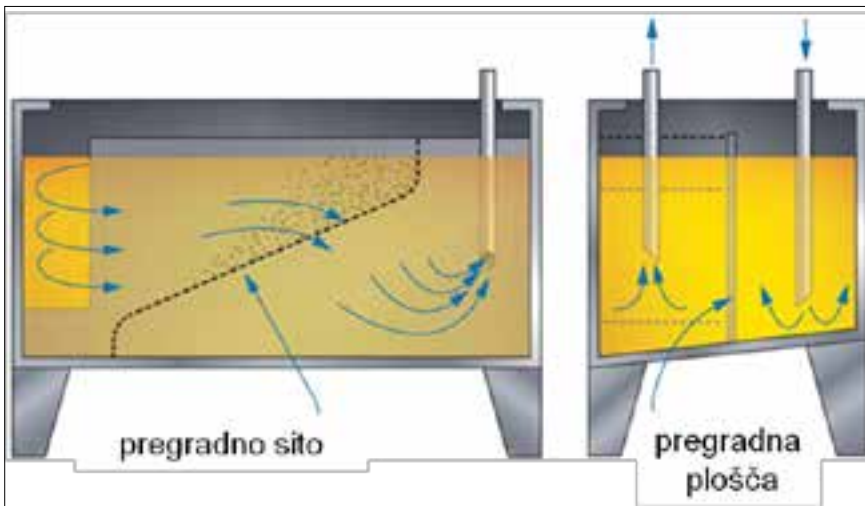
■ 5.1 Zasnova rezervoarja, pojav pen in zračnih mehurčkov

Neprimerna zasnova rezervoarja je vsekakor lahko eden od vzrokov pojava zračnih mehurčkov. Če se zaradi neprimerne zasnove rezervoarja, tj. premajhnega volumna, prekratke povratne cevi in ustja cevi nad površino olja, sunkovitega vračanja tekočine v primeru razbremenjevanja preko akumulatorja in s tem povezanega vzvalovanja gladine olja ... pojavijo v olju zračni mehurčki, jih črpalka lahko posesa, kar posledično lahko privede do t. i. Lorentzevega oz. Dieselovega efekta. Zaradi tega konec povratne cevi v nobenem primeru ne sme biti nad gladino olja.

Na samoizločanje zračnih mehurčkov iz rezervoarja lahko vplivamo tudi z velikostjo rezervoarja in njegovo obliko. Praktični napotek glede velikosti rezervoarja navaja, da naj bi v primeru mineralnega hidravličnega olja njegov volumen znašal 4- do 5-kratnik velikosti pretoka črpalke. S tem je t. i. število prečrpavanj v priporočljivih mejah. Če je rezervoar premajhen, je število prečrpavanj preveliko in morebitni zračni mehurček se zaradi lastnega vzgona ne more izločiti. Vztrajnostni tok ob sesanju črpalke je prevladujoč in črpalka mehurček posesa, preden se je uspel izločiti na gladini. Večji mehurčki se hitreje izločajo kot manjši (večji vzgon). Razen tega pa premajhen volumen rezervoarja povzroča tudi termično preobremenjevanje olja zaradi tega, ker to nima časa, da se umiri in ohladi, pa tudi različni trdi delci obrabe nimajo možnosti, da se izločijo na dno (odvisno od vrste delca – njegova gostota in velikost) [8].

Ustrezna velikost volumna rezervoarja sama po sebi še ni edino merilo za učinkovito izločanje zraka. Pomembna je tudi oblika rezervoarja, npr. pri dveh rezervoarjih enakega volumna, pri nižjem rezervoarju z veliko stično površino olje-zrak zračni mehurček načeloma prispe na površino prej kot pri visokem z manjšo stično površino. Seveda pa je oblika rezervoarja velikokrat pogojena z razpoložljivim prostorom za rezervoar.

Veliko bolj učinkoviti so ukrepi za ustrezno notranjo zasnovo rezervoarja, npr. pregradna površina, ki upočasni in podaljša tok olja v notranjosti rezervoarja ter s tem poveča zmožnost izločanja zračnega mehurčka, namestitve pregradnih sit, ki preprečujejo dostop mehurčkov do sesalne cevi črpalke, ali pa difuzorjev na povratni cevi, ki s svojim velikim iztočnim presekom zelo upočasnijo povratni tok tekočine in s tem omogočijo hitrejše potovanje zračnega mehurčka na površino. Pregradna pločevina in sito kot pogosto uporabljana ukrepa sta prikazana na *sliki 5*.



Slika 5. Sito za izločanje oz. zadrževanje zračnih mehurčkov in pregradna plošča [4]

■ 5.2 Slaba zasnova in dimenzije cevnega omrežja

Že v primeru neprimerno zasnovane sesalne cevi, ki je običajno sestavni del agregata oz. rezervoarja, lahko pride do sesanja zraka, še posebej, če je ta premalo potopljena ali pa se kjerkoli na sesalni cevi izven rezervoarja pojavlja netesno mesto, skozi katero črpalka sesa zrak.

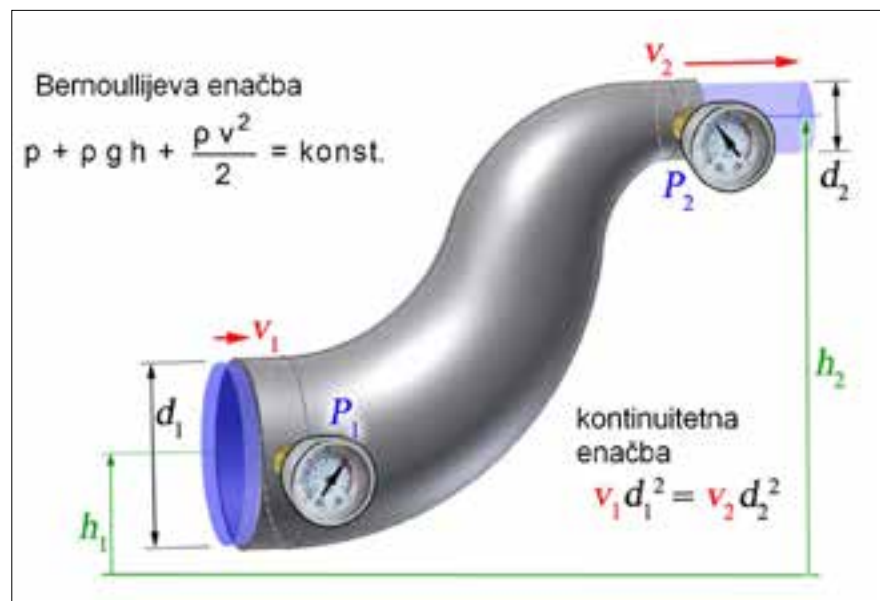
Drugi vzrok je že omenjena netesnost cevi, ne glede na to, ali gre za sesalne cevi ali pa cevi tlačnega ali povratnega dela cevovoda – že omenjena aeracija sistema. Takšen vdor zraka je možno zaznati po penjenju olja v rezervoarju (če ga lahko vidimo), po spremenjenem zvoku hidravličnega sistema, ali pa opravimo test tesnosti z mastjo na priključkih (najpogostejša mesta netesnosti).

Nadaljnji pogost vzrok pojava zraka v hidravličnem sistemu so napačno ali neprimerno zasnovani in izvedeni cevovodi. Če je npr. sesalna cev napačno dimenzionirana – predolga, s premajhnih prečnim presekom, neprimerno položena, s preveliko višinsko razliko ... se bodo pojavili problemi tvorjenja zračnih mehurčkov iz raztopljenega zraka. Če je tlak izločanja zraka nižji kot sesalni tlak črpalke, lahko v področju sesalne cevi zaradi njene napačne zasnove (predolga cev, napačen premer, ...) pride zaradi povečanih

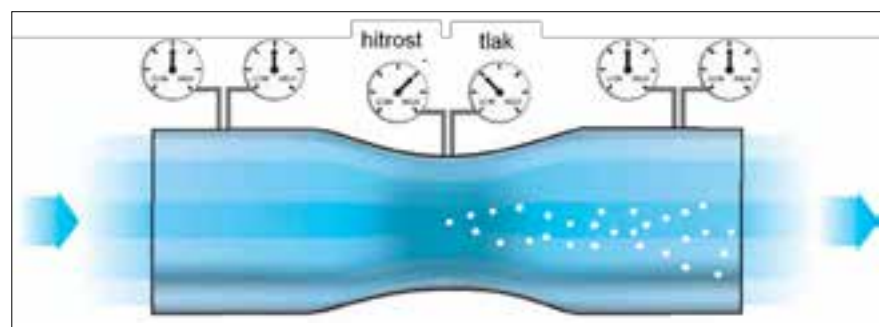
uporov do izločanja zraka iz olja, na tlačni strani črpalke pa posledično do komprimiranja mehurčkov in do bežno omenjenega zažiganja olja in ostalih posledic.

Razen napačnih dimenzij cevi in položitev (dušilna mesta, kolena ...) tudi prevelika hitrost tekočine v cevi pripelje do problemov, povezanih z izločanjem zraka. Čeprav lahko mineralno olje pri obratovnih tlakih sprejme relativno veliko količino zraka, lahko za črpalko, v tlačnem območju cevovoda pride do pojava izločanja zraka iz olja. V tem primeru govorimo o t. i. psevdokavitaciji (primerjaj s pojmom kavitacije, pri kateri pade tlak v sistemu pod nivo parnega tlaka [5]).

Energija tekočinskega stebra (skladno z zakonom o ohranitvi energije ali poenostavljeno Bernoullijevo enačbo) je sestavljena iz treh deležev tlaka: iz statičnega deleža, dinamičnega deleža in deleža zaradi geodetske višine, iz česar izhaja: če se eden od teh treh deležev spremeni, se spremenita ostala dva. Tlak



Slika 6. Deleži tlaka – Bernoullijeva enačba



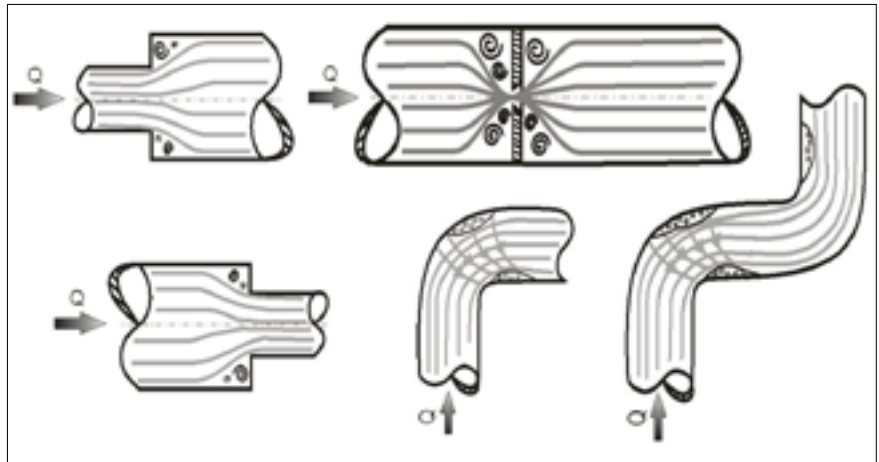
Slika 7. Deleži tlaka in hitrosti v zožitvi cevi ter vzrok izločanja zraka

zaradi geodetske višine v hidravliki običajno zanemarimo, tako da sta za razumevanje dogajanja, vezana na izločanje zraka, odločilna preostala dva (10 m visok steber tekočine povzroči zaradi težnosti tlak približno 1 bar). Če se skladno s fizikalnim dogajanjem zaradi zožitve spremeni hitrost (kontinuitetna enačba), se bodo spremenile tudi tlačne razmere – *slika 6* in *slika 7* (t. i. Venturijev učinek).

Če je razlika presekov tolikšna, da na najožjem mestu pride do velikega lokalnega zvišanja hitrosti tekočine in posledično do podtlaka, ki je nižji od tlaka izločanja raztopljenega zraka, bo do izločanja zraka oz. do pseudokavitacije tudi prišlo (*slika 7*).

Pseudokavitacija se pojavlja povsod tam, kjer zaradi velikih hitrosti toka tekočina ne more več slediti obliki ostenja. To se pojavlja pri vseh velikih spremembah cevnih presekov (reducirni priključki), kolenih, reducirnih kolenih, cevnih lokih s premajhnim radijem, S-oblikah ... kot to prikazuje *slika 8*.

Za pojav pseudokavitacije so še posebej nevarna dvojna kolena oz. dvojni loki S-oblike, ki nimajo vmesnega ravnega dela za umirjanje toka tekočine (*slika 8* skrajno desno).



Slika 8. Velike spremembe oblike in preseka vodijo do pojave pseudokavitacije

Kot je bilo omenjeno, je za pojav izločanja raztopljenega zraka vedno vzrok prevelika hitrost toka tekočine. Zaradi tega so še posebej nevarna S-kolena, izvedena na sesalni strani črpalke. Pri tem se bo vedno pojavilo izločanje raztopljenega zraka. Na to je še zlasti potrebno biti pozoren pri rekonstrukcijah črpalk, ko v želji po rešitvi enega problema povzročimo drugega. Kot primer prikazuje *slika 9* neprimerno speljane sesalne cevi nove nadomestne črpalke s sesalnim priključkom na nasprotni strani, kot ga je imela prvotna.

Pri vseh spremembah preseka je treba paziti na hitrosti toka tekočine v cevi. Tako bi naj po priporočilih

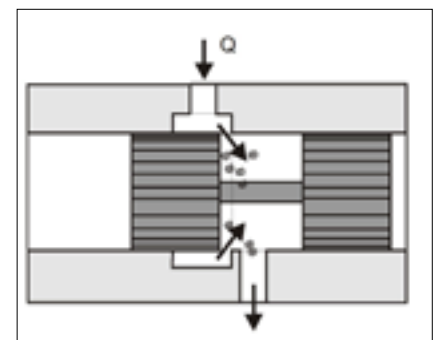
v tlačnih vodih te znašale največ 4 m/s pri tlaku 50 bar oz. 7 m/s pri tlaku 300 bar. Pod temi pogoji lahko pričakujemo laminarne tokovne razmere. V povratnih vodih naj ne bi bila prekoračena hitrost 2,5 m/s, v sesalnih vodih pa med 0,5 do največ 1,5 m/s. Pri tem je še velikega pomena, ali gre za konstantno ali regulacijsko črpalčko, kjer se dodatno pojavlja še vpliv induktivnosti mase sesane tekočine.

■ 5.3 Spremembe dimenzij v ventilih in ventilskih blokih

Ostri robovi, zožena mesta in spremembe smeri toka tekočine se vedno pojavljajo tudi v notranjosti ohišij ventilov in v ventilskih blokih – *slika 10*. Še posebej je to lahko problematično v primerih, kadar je uporabljen premajhen ventil, kar posledično pripelje do velikih hitrosti toka tekočine in do odgovarjajočega nižjega statičnega tlaka ter s



Slika 9. Neprimerno položene sesalne cevi



Slika 10. Tokovne razmere v notranjosti potnega ventila pri velikih tlačnih razlikah in vpliv na izločanje zraka

tem do izločanja zraka z vsemi značnimi efekti.

V primerjavi z ventili se pojavljajo podobne razmere, oz. so te še bolj problematične, v notranjosti ventilskih blokov, kakršni se uporabljajo npr. na hidravličnih stiskalnicah, kjer so običajno velike pretočne količine. Če so proizvajalci ventilov pri snovanju ventilov, ki se običajno izdelujejo v večjih serijah, še lahko pozorni na notranjo zasnovo ventila, pa se lahko zaradi številnih povezav v notranjosti ventilskih blokov, ki se izdelujejo v majhnih serijah ali pa posamično, za samo določeno aplikacijo marsikaj tudi spregleda. Takšne napake so očem uporabnika običajno skrite, posledice se lahko opazijo na čisto drugem koncu – npr. zažiganje olja.

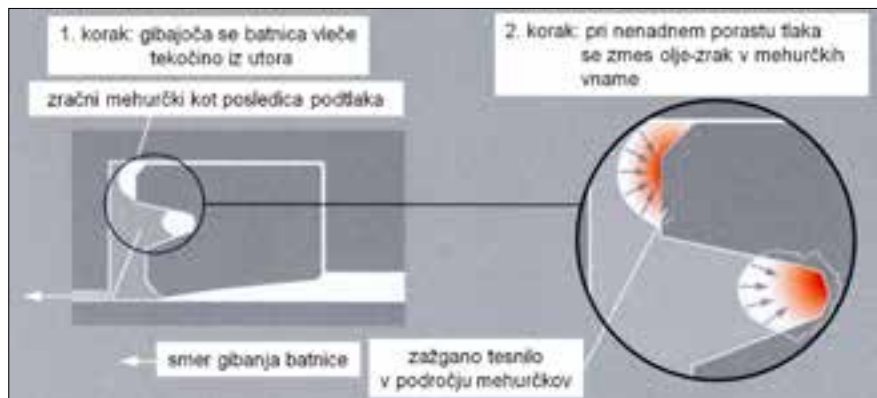
5.4 Pseudokavitacija zaradi napačne zasnove hidravličnega valja

Ob napačni zasnovi hidravličnega valja lahko v primeru neprimernih dimenzij in toleranc oz. odsotnosti tlačno izravnalnih utorov pride do »izsesavanja« olja iz tesnilnega prostora. Pri tem se pojavi podtlak in z njim povezano izločanje zraka.

Ker se zrak ob naslednji spremembi tlaka ne utegne absorbirati (preiti nazaj v olje), se komprimira, segreje in vžge (slika 11). Tako pride do mikroeksplozij, ki poškodujejo tesnilo. Takšno izločanje zraka izpod tesnilnega roba tesnila dejansko ni klasična pseudokavitacija, temveč je to erozija z zrakom, ki na tem mestu ne bo podrobneje obravnavana. Je pa vsekakor posledica izločanja zraka iz olja.

5.5 Prava kavitacija

Če se znižanje tlaka vse do parnega tlaka tekočine pojavi tako hitro, da ni dovolj časa za izločanje zraka, govorimo o »pravi« kavitaciji. Mehurčki se pri tem ne napolnijo z zrakom, temveč z oljno paro. Ko tlak ponovno naraste, se mehurčki sesedejo sami vase, pri čemer pride do značilnega hrupa, do tlačnih konic s poškodbami materiala in zažiganjem olja – slika 12.



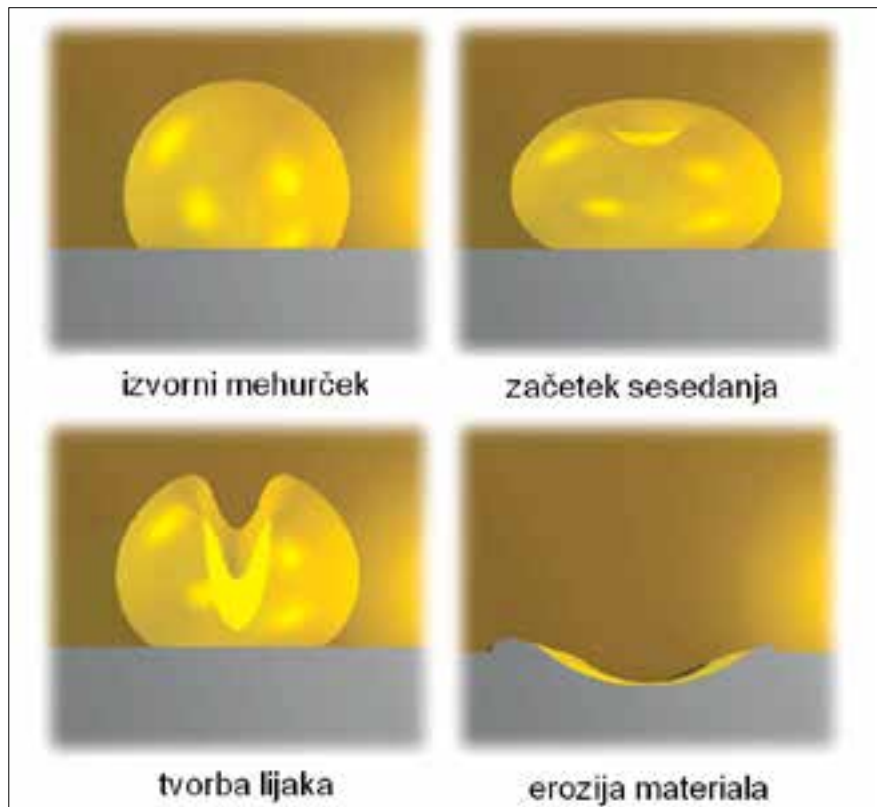
Slika 11. Izločanje zraka ob napačno zasnovanem tesnjenju na batnici valja

Ker je parni tlak olja zelo nizek (cca 0,0075 mm Hg pri 20 °C), prihaja zelo redko do pojava prave kavitacije. Praviloma se v hidravličnem sistemu in gradnikih vedno pojavlja pseudokavitacija. Ta se lahko začne že tik pod vrednostjo tlaka atmosfere, pri čemer so pogoji pojava odvisni od različnih parametrov.

Vedeti moramo, da kadarkoli se pojavi kavitacija, ne glede na to katere vrste, ta škodljivo vpliva na delovanje naprave, gradnike in uporabljano hidravlično olje.

6 Zaključek

Ni neutemeljena trditev, da je zrak v hidravlični napravi kontaminant, ki ima več obrazov in zelo vpliva na značilnosti delovanja hidravlične naprave ter povzroča številne nevarnosti. Velikokrat se lahko njegove posledice opazijo na čisto drugem koncu, kot je mesto njihovega nastanka. Zaradi tega je dobro poznati vzroke in mehanizme nastanka zraka.



Slika 12. Faze oblike mehurčka pri kavitaciji [7]

V prispevku so pregledno predstavljene vrste oz. oblike zraka v hidravličnem sistemu: od vidnih pen do zračnih mehurčkov v sami tekočini in kot v tekočini raztopljeni zrak ter vzroki za njihov pojav. Upravljaivec oz. vzdrževalec hidravlične naprave lahko tako prepozna pojave in vzroke ter še posebej morebitne ali pa že nastale napake in njihove posledice, snovalec naprave pa se jim lahko izogne.

Literatura

- [1] Totten, G. E.: Handbook of Hydraulic Fluid Technology, Second Edition, Technology & Engineering, 2011
- [2] Lovrec, D., Kambič, M.: Hidravlične tekočine in njihova nega, Fakulteta za strojništvo UM, 2007. 184 str., ISBN 978-961-248-039-4
- [3] Fitch, E. C.: Cavitation Wear In Hydraulic Systems, Practicing Oil Analysis (9/2002)
- [4] Casey, B.: Why the Tank May Well Be a Hydraulic Fluid's Best Friend, Machinery Lubrication, 1/2010
- [5] Bachert, R.: Dreidimensionale, instationaerere Effekte kavitierender Stroemungen – Analyse an Einzelprofilen und in einer Radialpumpe, Technischen Universitaet Darmstadt, 2004
- [6] Suzuki, R., Tanaka, Y., Totten, G. E.: Removing Entrained Air in Hydraulic Fluids and Lubrication Oils, Machinery Lubrication, 7/2002
- [7] Wright, J.: Microdiseling and its effect on oil, Machinery Lubrication, 12/2012
- [8] Tič, V., Lovrec, D.: Air-release and solid particles sedimentation process within a hydraulic reservoir. Tehnički vjesnik, ISSN 1330-3651, 2013, vol. 20, no. 3, str. 407-412.

Reasons for the presence of air in a hydraulic system

Abstract: The reasons for the numerous inconveniences and irregularities in the proper functioning of the hydraulic system, or in a shorter service life of mineral hydraulic oil than expected, are closely associated with the presence of air. The air may occur in the machine for various reasons, and it is present in different forms. It may be visible to the eye, as it appears in the form of foam or in the form of elementary air bubbles, but may be "invisible", since it is dissolved in the liquid. In the latter case, it can be noticed only later on when the operating (pressure) conditions change. These are closely connected with the concept of single hydraulic system, and the individual components. Also, in the occurrence of air in the hydraulic system of a certain influence-used oil respectively. The hydraulic fluid and its physical chemical properties have impact on air phenomenon within a hydraulic system too.

In this article we will focus on various forms of air present in the hydraulic system, causes for their creation and understanding of the mechanisms of their occurrence. Indirectly, this will also help to answer the question, how to avoid the phenomenon of air in the hydraulic system. Because of the many consequences of the presence of air within a hydraulic system, it is quite rightly ranked among contaminants.

Keywords: hydraulic system, air, contaminant, aeration, foaming

➔ RAZBREMENILNI
VENTILI • REGULATORJI
TLAKA IN VARNOSTNI
VENTILI • RAZDELILNIKI
TOKA • POTNI VENTILI
• LOGIČNI ELEMENTI •
VMESNE PLOŠČE • OKROV
S PRIKLJUČKI ZA CEVI •
ELEKTROPROPORCIONALNI
VENTILI ZA VGRADNJO

